Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 21, No. 1, Spring 2023, p. 75-89

Effect of Deficit Irrigation, Planting Date and Biofertilizers on Agro-Morphological Traits, Leaf Nitrogen and Carbon Concentration and Seed Yield on Quinoa under Ardabil conditions

M. Jabbari-oranj[1*], H. Moghadam[2], M. R. Jahansouz[3], A. Ahmadi[3], B. Motesharezadeh[4]

Received: 05-06-2022 Revised: 19-06-2022 Accepted: 04-07-2022	**How to cite this article:** Jabbari-oranj, M., Moghadam, H., Jahansouz, M. R., Ahmadi, A., & Motesharezadeh, B. (2023). Effect of Deficit Irrigation, Planting Date and Biofertilizers on Agro-Morphological Traits, Leaf Nitrogen and Carbon Concentration and Seed Yield on Quinoa under Ardabil conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research, 21*(1), 75-89. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.76560.1170

Introduction

The most important problem that threatens food security of any country and the world is the lack of adequate water resources, so one of the ways to deal with this crisis is to use plants with low water requirements and high water use efficiency. Among the plants, we can name Quinoa, which is one of the plants that has been less studied and exploited in Iran. Since the planting date has the greatest impact on the physiological characteristics of the crop compared to other cropping treatments, so choosing the appropriate planting date can also create the greatest correlation between plant growth trends and climatic conditions. Undoubtedly, the use of biological fertilizers, in addition to the positive effects it has on all soil properties, is also economically, environmentally and socially fruitful and can be a suitable and desirable alternative to chemical fertilizers. Therefore, the aim of this study was to determine the response to deficit irrigation, planting date and application of different biofertilizers in quinoa.

Materials and Methods

This experiment was carried out during two cropping years 2019 and 2020 in a farm located in Moghan region. The site has latitude of 39°27 N, a longitude of 48°12 E and is 120 m above mean sea level, with an average annual rainfall of 250-300 mm. In this experiment, Titicaca cultivar of quinoa was cultivated in summer in the form of a double split plot design based on a randomized complete block design with three replications. Experimental factors include irrigation at three levels (Conventional irrigation, Irrigation cut-off in budding stage and Irrigation cut-off in seed filling stage) as a main factor, planting date at three levels (27 July, 11 and 27 August) as a sub-factor and four levels of nitrogen biofertilizer (without inoculation, seed inoculation with Azotobacter, seed inoculation with Azospirillum and inoculation with a mixture of Azotobacter and Azospirillum) were considered as a sub-sub-factor. Plant height, stem diameter and panicle length in each plant were measured at the physiological maturity stage by randomly selecting 10 plants using a ruler with millimeter accuracy. Leaf area was measured by selecting 5 plants from each plot randomly and with the model Leaf area meter Li-cor. At the end of the growing season, the product of two middle planting lines with a length of 4 meters was harvested by observing the half-meter margin effect and after drying in a ventilated oven at 70 °C for

1- Ph.D. Student of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Professor, Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: mjabbari.oranj@ut.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.76560.1170

24 hours, grain yield was determined. Leaf carbon concentration was estimated by dry combustion with air flow in an electric furnace, Kjeldahl method (Sharpe *et al.,* 2001) was used to measure nitrogen concentration. Experimental data were analyzed before analysis of variance for homogeneity of test errors through Bartlett test and then analyzed using SAS (9.1) software and comparison of means at 5% probability level using Duncan multi-range test.

Results and Discussion

The results showed that conventional irrigation with planting date of 27 August and inoculation of Azotobacter and Azospirillum biofertilizers had the best effect in terms of morphological traits and leaf nitrogen concentration and The highest grain yield (304.97 $g.m^{-2}$) was obtained from conventional irrigation treatment with planting date of 27 August and inoculation of biofertilizers of Azotobacter and Azospirillum. Also, quinoa seed yield had a positive and significant correlation with plant height (r = 0.85), stem diameter (r = 0. 64), leaf area (r = 0.86), panicle length (r = 0.86) and leaf carbon concentration (r = 0.38) showed.

Conclusion

The results of this study showed though conventional irrigation with planting date of 20 August and inoculation of Azotobacter and Azospirillum biofertilizers had the highest number of studied traits, especially grain yield (304.97 $g.m^{-2}$), but with interruption of irrigation treatment at the stage of seed filling with planting date of 20 August and inoculation of biofertilizers were included in a statistical group, so in terms of the importance of water consumption, it can be said that in conditions of limited water resources, irrigation cut-off treatment in the stage of grain filling has the most favorable results.

Keywords: Azospirillum, Azotobacter, Drought stress, Irrigation management

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص ۸۹-۷۵

تاثیر کم‌آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفات اگرومورفولوژیک، غلظت نیتروژن و کربن برگ و عملکرد دانه کینوا در شرایط اردبیل

محمد جباری اورنج[۱*]، حسین مقدم[۲]، محمدرضا جهانسوز[۳]، علی احمدی[۳]، بابک متشرع زاده[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفات اگرومورفولوژیک، غلظت کربن برگ، غلظت نیتروژن برگ، نسبت کربن به نیتروژن برگ و عملکرد دانه کینوا، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در شهرستان بیله سوار (منطقه مغان) استان اردبیل در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ در قالب طرح کرت‌های دوبار خرد شده بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل های آزمایشی شامل آبیاری در سه سطح (آبیاری معمولی، قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه) به‌عنوان فاکتور اصلی، تاریخ کاشت در سه سطح (۵ مرداد، ۲۰ مرداد و ۵ شهریور) به‌عنوان فاکتور فرعی و چهار سطح کود زیستی نیتروژنه (بدون تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، تلقیح بذر با آزوسپیریلوم و تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بیش‌ترین تاثیر را بر صفات مورفولوژیک و غلظت نیتروژن برگ داشته و بیشترین عملکرد دانه (۳۰۴/۹۷ گرم بر مترمربع) نیز در همین شرایط به‌دست آمد. همچنین عملکرد دانه کینوا همبستگی مثبت و معنی‌دار با ارتفاع بوته (r=۰/۸۵)، قطر ساقه (r=۰/۶۴)، سطح برگ (r=۰/۸۶)، طول پانیکول (r=۰/۸۶) و غلظت کربن برگ (r=۰/۳۸) نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، تنش خشکی، مدیریت آبیاری

مقدمه

مهم‌ترین مشکلی که امنیت غذایی کشور و جهان را تهدید می‌کند کمبود منابع آب مناسب است. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در ایران است (Abolhassani-Zeraatkar *et al.*, 2008). از طرفی تلاش‌های اخیر در راستای خودکفایی در تولید، فشار بیشتری بر منابع آب وارد نموده و قطعا با روند کنونی که آب و هوای ایران به سمت گرم و خشک شدن تغییر می‌یابد، منابع آب در بخش کشاورزی دچار آسیب جدی خواهد شد. یکی از راهکارهای مقابله با این بحران استفاده از گیاهانی با نیاز آبی پایین و کارایی مصرف آب بالا می‌باشد از جمله گیاهان با این ویژگی‌ها می‌توان کینوا (*Chenopodium quinoa* willd) را نام برد و از گیاهانی است که در ایران کمتر مورد بررسی و بهره‌برداری قرار گرفته است. از آنجا که تاریخ کاشت نسبت به سایر تیمارهای زراعی بیشترین تاثیر را بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه زراعی می‌گذارد، بنابراین انتخاب تاریخ کاشت مناسب نیز می‌تواند بیشترین تطابق را میان روند رشد گیاه و شرایط اقلیمی ایجاد کند (Gharineh *et al.*, 2019). کشور ایران دارای تنوع اقلیمی متنوعی است. کشت کینوا موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار، ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. از یک طرف تأمین غذای کافی و دارای کیفیت مناسب برای جمعیت روزافزون جهان و از طرف دیگر مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها، تجدیدنظر در روش‌های

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mjabbari.oranj@ut.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.76560.1170

افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است.

در کشاورزی تجاری امروزی استفاده بی‌رویه و نامتعادل از کودهای شیمیایی باعث تخریب خاک و از بین رفتن موجودات خاکزی و در نتیجه سبب شده است توان تولید، حاصلخیزی خاک و کیفیت محصولات تولیدی کاهش پیدا کند. با توجه به موارد یاد شده می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، شرایط را به گونه‌ای فراهم آورد که گیاه تحت آن وضعیت، پتانسیل بالقوه خود را ظاهر نموده و به حداکثر عملکرد کمی و کیفی دست یابد. از این رو بایستی کاربرد فراورده‌های زیستی برای تغذیه گیاهان زراعی به‌عنوان راهکاری بنیادین در کشاورزی پایدار مدنظر قرار گیرد (Hamzei & Salimi, 2015). کودهای زیستی که جزء ضروری کشاورزی ارگانیک محسوب می‌شوند، حاوی موجودات زنده با گونه‌های کارآمد تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده‌ی فسفات هستند که برای بذر، خاک یا محل‌های حاوی کمپوست با هدف افزایش تعداد این میکروارگانیسم‌ها و سرعت بخشیدن به فرایندهای میکروبی که دسترسی به عناصر غذایی را برای آسیمیلاسیون مناسب در گیاهان مهیا می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Venkatashwarlu, 2008). کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مفید بوده و می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد. آزوسپیریلوم و ازتوباکتر از میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی هستند که در همیاری با ریشه‌ی گیاهان، رشد آن‌ها را تقویت نموده و مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش داده بنابراین می‌توانند نقش کلیدی در حاصلخیزی خاک و حفاظت محیط ایفا کنند (Itelima *et al*., 2018). از آن‌جایی که مطالعات زیادی در خصوص آبیاری، تاریخ کاشت مناسب و تغذیه گیاه کینوا صورت نگرفته است بنابراین هدف از انجام این تحقیق مشخص شدن واکنش به کم آبیاری، تاریخ کاشت و کاربرد کودهای مختلف زیستی در این گیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در منطقه مغان (شهرستان بیله سوار)، روستای بابک، با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۲۰ متر از سطح دریا، که از نظر آب و هوایی و طبقه‌بندی اقلیمی جزو مناطق معتدل گرم با متوسط بارش سالیانه ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌متر و با میانگین حداکثر دمای سالیانه ۲۰ و میانگین حداقل دمای سالیانه ۸ درجه سانتی‌گراد[1] بوده اجرا شد.

۱- ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

ویژگی‌های خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مطابق جدول ۱ بود. همچنین آمار هواشناسی منطقه در سال‌های اجرای آزمایش به شرح جدول ۲ بود.

در این آزمایش گیاه کینوا رقم تی‌تی کاکا به‌صورت تابستانه و در قالب طرح کرت‌های دوبار خرد شده بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (آبیاری معمولی، قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه)، تاریخ کاشت به‌عنوان فاکتور فرعی در سه سطح (۵ مرداد، ۲۰ مرداد و ۵ شهریور)[2] و چهار سطح کود زیستی نیتروژنه (بدون تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر، تلقیح بذر با آزوسپیریلوم و تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. به منظور تهیه بستر کاشت شخم اولیه زمین در ۲۵ اردیبهشت ماه و عملیات نهایی آماده‌سازی از قبیل شخم سطحی و تسطیح قبل از کاشت انجام گرفت. همچنین قبل از اجرای آزمایش از خاک محل اجرای طرح نمونه‌برداری و آنالیز شد و بر اساس نتایج آزمون خاک کود فسفره[3] مورد نیاز به‌صورت فسفات آمونیوم و نیتروژن به‌صورت اوره در زمین پخش و با خاک مخلوط گردید. عملیات کاشت کینوا در تاریخ کاشت‌های ذکر شده به‌صورت دستی انجام شد. در این آزمایش فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵ الی ۱۰ سانتی‌متر (به‌طور متوسط ۷ سانتی‌متر با تراکم ۲۸۵۷۰۰ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. جهت دستیابی به تراکم فوق، ابتدا بذرها با تراکم بالا کشت شده و سپس با عملیات تنک تراکم مورد نظر حاصل گردید. برای تلقیح بذر کینوا، کودهای زیستی ازتوباکتر کرکوکوم MG386293 و آزوسپیریلو برازیلنس MH130055، با تعداد 10^8 سلول زنده در یک میلی‌لیتر محلول از هرکدام از باکتری‌ها، از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح بذرها استفاده شد. کلیه عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام گرفت و بذرها پس از خشک شدن کشت شدند. اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از پایان کشت در تاریخ کاشت‌های مشخص شده به روش نواری یا تیپ داده شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌صورت دستی و برای مبارزه با آفات از آفت‌کش‌های شیمیایی کنفیدور و لاروین استفاده گردید.

۲- مبنای انتخاب تاریخ‌های کاشت به توصیه موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر کرج و شرایط و عرف منطقه

۳- حد بحرانی فسفر در خاک‌های زراعی ۷-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و حد بهینه آن ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (Malakoti *et al*., 2005) بنابراین میزان فسفر مورد نیاز بر اساس آزمون خاک قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of test soil

K(ave) (ppm)	P(ave) (ppm)	N Total (%)	Organic carbon (%)	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Lime (%)	pH	EC (dS m^{-1})
509	9.6	0.08	0.76	Clay	22	32	46	17.5	7.5	1.77

جدول ۲- آمار هواشناسی مربوط به فصل رویش کینوا در دوره دو ساله (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)

Table 2- Weather data for quinoa growing season during two year (2019 and 2020)

	تبخیر Evaporation (mm)		بارندگی Rainfall (mm)		رطوبت نسبی relative humidity (%)		میانگین دمای حداقل Mean min. temperature (°C)		میانگین دمای حداکثر Mean max. temperature (°C)	
	1399	1398	1399	1398	1399	1398	1399	1398	1399	1398
(July - Aug) مرداد	247.1	250.6	3.6	0	53	47	21.7	21.8	32.1	33.2
(Aug - Sep) شهریور	220.4	129.5	34.2	43.2	60	64	17.9	17.9	29.8	27.8
(Sep - Oct) مهر	87.4	133.4	28.0	10.1	71	68	13.9	15.1	24.1	25.3
(Oct - Nov) آبان	61.4	87.0	10.5	20.3	78	69	10.5	8.1	18.3	17.9
(Nov - Dec) آذر	15.3	28.3	36.5	29.2	85	78	4.1	4.4	9.1	11.3
(Total) جمع	631.6	628.8	112.8	102.8	-	-	-	-	-	-
(Average) میانگین	-	-	-	-	69.4	65.2	13.6	13.5	22.7	23.1

* ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، طول پانیکول، غلظت کربن برگ[1]، غلظت نیتروژن برگ، نسبت کربن به نیتروژن و عملکرد دانه بود. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول در هر بوته، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب (Modarres Sanavi & Sorushzadeh, 2003; Omidi *et al.*, 2021) و با استفاده از خط‌کش و با دقت میلی‌متری اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برای هر کرت محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری سطح برگ با انتخاب پنج بوته از هرکرت به‌صورت تصادفی و اندازه‌گیری با دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Leaf area meter Li-core. USA صورت گرفت (Jamali & Ansari, 2020). در پایان فصل رشد، محصول دو خط کاشت وسطی به طول چهار متر با رعایت نیم متر اثر حاشیه از طرفین برداشت شد و پس از خشک شدن در آون تهویه دار با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، عملکرد دانه تعیین گردید (Emam & Pirasteh Anousheh, 2014). غلظت کربن برگ به روش احتراق خشک با جریان هوا در کوره الکتریکی برآورد گردید (IPCC, 2006). برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن از روش کجلدال (Sharpe *et al.*, 2001) استفاده گردید و درصد نیتروژن از رابطه (۱) به‌دست آمد:

$$\text{درصد نیتروژن نمونه} = \frac{0.014 \times 100 \times \text{نرمالیته اسید مصرفی} \times \text{حجم اسید مصرفی میلی لیتر}}{\text{وزن نمونه به گرم}} \quad (۱)$$

داده‌های آزمایش قبل از تجزیه واریانس برای اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها با آزمون بارتلت مورد بررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه (۹/۱) تجزیه گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته در کینوا تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و هر یک از اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد، همچنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۳). به طوری که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۸۷/۲۸ سانتی‌متر) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام با کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کمترین ارتفاع بوته (۴۳/۹۵ سانتی‌متر) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت پنج شهریور و عدم تلقیح بذر با کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۴).

۱- کربن یکی از عناصر مهم در ساختار گیاهان بوده و عنصر سازنده تمام ترکیبات آلی همچون قندها، پروتئین‌ها و اسیدهای آلی است این ترکیبات در عناصر بنیادی، واکنش‌های آنزیمی و ماده ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Deming, 2010).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی صفات رشدی مورد بررسی در گیاه کینوا تحت تأثیر آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی

Table 3- Results of combined ANOVA of some growth traits of quinoa as affected by irrigation, planting date and biofertilizers

منبع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of squares)							
		ارتفاع بوته PH	قطر ساقه SD	سطح برگ LA	طول پانیکول PL	کربن برگ Leaf C%	نیتروژن برگ Leaf N%	نسبت کربن به نیتروژن C:N Ratio	عملکرد دانه SY
Year (Y)سال	1	1061.34**	0.15**	56.03**	238.35**	0.77^{ns}	0.029*	1.15*	1310.78*
خطا ۱ (Error1)	4	6.72	0.003	0.03	0.002	0.17	0.019	0.78	63.66
آبیاری Irrigation (I)	2	9494.71**	0.046*	253.22**	213.17**	90.3**	4.736**	473.34**	174594.89**
سال×آبیاری (Year ×Irrigation)	2	2.97^{ns}	0.009^{ns}	0.05^{ns}	0.051^{ns}	1.35*	0.002^{ns}	0.75*	55.30^{ns}
خطا ۲ (Error2)	8	2.31	0.009	0.05	0.013	0.65	0.009	0.79	52.10
تاریخ کاشت Planting date (P.D)	2	5461.62**	0.002^{ns}	33.15**	458.26**	93.01**	0.029*	9.55**	15545.20**
کود Fertilizer (F)	3	456.34**	0.049*	10.11**	83.81**	98.74**	2.082**	71.71**	28654.21**
تاریخ کاشت×کود (Planting date×Fertilizer)	6	17.68*	0.001*	2.03**	8.32**	0.63^{ns}	0.004^{ns}	0.55^{ns}	1012.16*
سال×تاریخ کاشت (Year×planting date)	2	2.77^{ns}	0.003^{ns}	0.01^{ns}	0.026^{ns}	0.10^{ns}	0.002^{ns}	0.21^{ns}	60.89^{ns}
سال×کود (Year×Fertilizer)	3	0.75^{ns}	0.001^{ns}	0.04^{ns}	0.001^{ns}	0.14^{ns}	0.001^{ns}	0.09^{ns}	63.12^{ns}
سال×تاریخ کاشت×کود Year×Planting ×Fertilizer) (date	6	2.02^{ns}	0.001^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.14^{ns}	0.002^{ns}	0.18^{ns}	52.36^{ns}
آبیاری×تاریخ کاشت (Irrigation×planting date)	4	403.57**	0.011*	3.38**	34.26**	7.09**	0.193**	16.24**	6466.88**
آبیاری×کود (Fertilizer× Irrigation)	6	8.83*	0.002*	5.53**	2.96*	6.23**	0.039*	2.86**	1493.74**
آبیاری×تاریخ کاشت×کود Year×planting ×Irrigation) (date	12	21.67*	0.012*	2.52**	2.33*	4.99**	0.026*	2.12*	814.50*
سال×آبیاری×تاریخ کاشت planting) (Year×Irrigation×date	4	2.48^{ns}	0.001^{ns}	0.07^{ns}	0.02^{ns}	0.13^{ns}	0.005^{ns}	0.22^{ns}	53.60^{ns}
سال×آبیاری×کود (Year×Irrigation×Fertilizer)	6	1.23^{ns}	0.006^{ns}	0.06^{ns}	0.03^{ns}	0.09^{ns}	0.002^{ns}	0.06^{ns}	53.71^{ns}
سال×آبیاری×تاریخ کاشت×کود (Y×I× P.D×F)	12	1.44^{ns}	0.001^{ns}	0.08^{ns}	0.03^{ns}	0.11^{ns}	0.004^{ns}	0.34^{ns}	59.457^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	44	11.62	0.001	0.57	1.41	1.46	0.009	0.09	355.36
ضریب تغییرات CV (%)	-	5	3.4	3.2	6.9	3.0	4.3	5.2	8.5

ns، * و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** indicate non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively

PH: Plant Height, SD: Stem Diameter, LA: Leaf Area, PL: Panicle Length, Leaf C%: Leaf Carbon concentration, Leaf N%: Leaf Nitrogen concentration; SY: Seed Yield

بنابراین کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه کاربرد توام آن‌ها ارتفاع بوته بیشتری داشت و در شرایط تنش رطوبتی شدید (قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی) و تاریخ کاشت پنج شهریور علی‌رغم این‌که کاربرد کودهای زیستی ارتفاع بوته بیشتری نسبت به عدم کاربرد داشت ارتفاع بوته به خاطر تنش رطوبتی و تاخیر در کاشت کاهش یافته است. به نظر می‌رسد با سرد شدن هوا، سرعت رشد رویشی کاهش یافته و گیاهان در ارتفاع کوتاه‌تری وارد مرحله زایشی شده‌اند. همچنین کاهش مقدار آب در دسترس به‌خصوص در ابتدای دوره گل‌دهی ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه کردن رشد زایشی، به‌طور غیر مستقیم بر ارتفاع بوته نیز تأثیر منفی دارد (Sivaramaiah *et al*., 2007). تیمار آبیاری باعث افزایش ارتفاع و رشد رویشی می‌شود (Rawson & Turner, 1982). کاربرد تلفیقی کودهای زیستی موجب افزایش معنی‌دار صفات رویشی کینوا از جمله ارتفاع بوته گردید (Amiryousefi *et al*., 2020). از این رو با استناد به مطالعات صورت گرفته، می توان گفت که کودهای زیستی اثرات مثبتی بر جذب بهتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن داشته بنابراین نقش زیادی در افزایش دسترسی نیتروژن و افزایش ارتفاع گیاه داشته است. ارتفاع بوته کینوا همبستگی مثبت و معنی‌داری با قطر ساقه، سطح برگ، طول پانیکول، غلظت کربن برگ و عملکرد دانه داشت و با نسبت کربن به نیتروژن برگ همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). در مطالعه (Iftikhar Hussain *et al*., 2020) نیز ارتفاع بوته با غلظت کربن برگ و عملکرد دانه رابطه مثبت نشان داد.

قطر ساقه

نتایج تجزیه مرکب اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر قطر ساقه کینوا را در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). همچنین در مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل سه‌جانبه معنی داری بین آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت (جدول ۳). به طوری که بیش‌ترین قطر ساقه (۱۱/۷ میلی‌متر) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت پنج مرداد و تلقیح توام کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کمترین قطر ساقه (۱۰ میلی‌متر) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت پنج شهریور و عدم تلقیح بذر با کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین با افزایش شدت تنش، تاخیر در کاشت و عدم کاربرد کود زیستی قطر ساقه کاهش یافت. در کینوا با افزایش آب آبیاری ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد دانه افزایش یافت (Gharineh *et al*., 2019). افزایش قطر ساقه گیاه در تاریخ کاشت مناسب به دلیل بهره‌مندی بیشتر از عوامل محیطی نظیر دما، نور و عناصر غذایی گزارش شده است (Temel & Yolcu, 2020). باکتری‌های محرک رشد با دخالت در تولید هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین به‌طور مستقیم سبب افزایش رشد ساقه شده و با تولید سیتوکینین بر روی آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز اثر منفی گذاشته و مانع تجزیه پروتئین در محیط داخلی سلول شده و از این طریق باعث تقسیم سلولی و افزایش قطر ساقه موثر می‌شوند (Mohammadvarzi *et al*., 2011). قطر ساقه با سطح برگ، ارتفاع بوته، طول پانیکول، عملکرد دانه، غلظت کربن برگ، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با غلظت نیتروژن برگ و نسبت کربن به نیتروژن برگ همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵).

سطح برگ

سطح برگ در کینوا تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و هر یک از اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس نتایج تجزیه مرکب معنی‌دار شد، همچنین اثر متقابل سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). به طوری که بیش‌ترین سطح برگ (۲۷/۲۳ سانتی‌متر مربع در بوته) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کمترین سطح برگ (۱۹/۷۱ سانتی‌متر مربع در بوته) از قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت پنج شهریور و عدم تلقیح بذر با کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین با کاهش آبیاری، تاخیر در کاشت و عدم کاربرد کود زیستی سطح برگ کاهش یافت. کاهش سطح برگ یکی از نخستین نشانه‌های تنش کمبود آب در گیاه می‌باشد (Boem & Thomas, 1998). کودهای زیستی از طریق افزایش فعالیت‌های بیولوژیک و بالابردن ظرفیت تبادل کاتیونی، موجب بهبود ساختمان خاک می‌شوند. که این عامل ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک را افزایش داده و شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌کند (Amiryousefi *et al*., 2020). افزایش سطح برگ گیاه ذرت بر اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر تا حدود ۶۵ درصد گزارش گردید (Gholami & Nezarat, 2009). بنابراین می‌توان گفت که باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروژنه علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف با سنتز و ترشح مواد محرک رشد و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف موجب رشد و توسعه اندام هوایی گیاه می‌شوند. سطح برگ در کینوا با قطر ساقه، ارتفاع بوته، طول پانیکول، غلظت کربن برگ و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با نسبت کربن به نیتروژن برگ همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). بنابراین می‌توان گفت که با افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول افزایش یافته و در نهایت باعث افزایش عملکرد شده است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه (آبیاری×تاریخ کاشت×کودهای زیستی) بر صفات مورد ارزیابی کینوا

Table 4- Mean comparisons of the studied traits of quinoa as affected by irrigation, planting date, biofertilizers

			ارتفاع بوته (cm) PH	قطر ساقه (mm) SD	سطح برگ ($cm^2.p^{-1}$) LA	طول پانیکول (cm) PL
آبیاری معمولی Conventional irrigation	کاشت ۵ مرداد (27 July)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	75.3 b-e	10.7 b-g	22.4 f-k	19.6 b-e
		ازتوباکتر (Azotobacter)	83.6 a-c	11.2 a-c	26.1 a-c	22.4 ab
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	82.9 a-c	11.2 a-c	25.9 a-d	22.0 a-c
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	82.4 a-c	11.7 a	26.6 ab	21.3 a-d
	کاشت ۲۰ مرداد (11 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	75.8 b-e	10.1 fg	22.7 e-j	18.7 c-g
		ازتوباکتر (Azotobacter)	80.1 a-c	10.9 a-f	25.0 a-f	21.9 a-c
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	82.4 a-c	10.7 b-g	25.0 a-f	22.4 ab
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	87.3 a	11.0 a-e	27.2 a	24.7 a
	کاشت ۵ شهریور (27 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	60.7 g-j	10.7 a-g	21.9 g-k	15.2 g-j
		ازتوباکتر (Azotobacter)	66.1 e-h	11.2 a-c	24.5 a-g	15.9 f-i
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	63.4 f-i	10.6 b-g	25.4 a-e	16.3 e-i
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	68.4 d-g	11.3 ab	25.0 a-f	16.9 e-i
قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی Irrigation cut-off in budding stage	کاشت ۵ مرداد (27 July)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	58.7 g-j	10.2 e-g	20.6 i-k	12.7 j-l
		ازتوباکتر (Azotobacter)	62.4 g-i	10.3 c-g	23.1 d-i	14.8 h-j
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	58.8 g-j	10.7 b-g	21.2 h-k	13.7 i-k
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	63.9 f-i	10.7 b-g	23.4 c-i	14.6 i-j
	کاشت ۲۰ مرداد (11 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	51.1 j-l	10.1 fg	19.9 j-k	10.8 kl
		ازتوباکتر (Azotobacter)	53.1 i-l	10.2 d-g	21.2 h-k	12.7 j-l
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	54.3 i-l	10.6 b-g	20.8 i-k	13.5 i-k
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	56.3 h-k	10.5 b-g	21.5 h-k	13.9 i-k
	کاشت ۵ شهریور (27 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	43.9 l	10.0 g	19.7 k	9.8 l
		ازتوباکتر (Azotobacter)	47.6 kl	10.6 b-g	21.2 h-k	11.0 kl
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	50.3 j-l	10.6 b-g	20.7 i-k	10.7 kl
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	50.1 j-l	11.1 a-d	21.1 h-k	10.8 kl
قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه Irrigation cut-off in seed filling stage	کاشت ۵ مرداد (27 July)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	73.4 c-f	10.3 c-g	22.4 f-k	18.2 d-h
		ازتوباکتر (Azotobacter)	79.5 a-c	10.8 a-g	25.8 a-d	19.2 b-f
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	81.6 a-c	10.7 a-g	24.8 a-f	19.7 b-e
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	82.7 a-c	11.2 a-c	24.6 a-g	21.7 a-c
	کاشت ۲۰ مرداد (11 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	77.75a-d	10.5 b-g	21.34h-k	19.0 b-f
		ازتوباکتر (Azotobacter)	82.27 a-c	11.2 a-c	24.70 a-g	22.3 ab
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	84.95 ab	11.0 a-e	25.48 a-d	21.9 a-c
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	85.28 ab	11.2 a-c	25.77 a-d	24.4 a
	کاشت ۵ شهریور (27 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	60.38 g-j	10.4 b-g	20.79 i-k	14.6 ij
		ازتوباکتر (Azotobacter)	63.07 f-i	10.3 c-g	23.73b-h	16.3 e-i
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	60.08 g-j	10.9 a-f	22.39 f-k	16.3 e-i
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	63.15 f-i	10.9 a-f	24.23b-g	16.9 e-i

در هرستون میانگین‌های با حروف مشابه، بر اساس آزمون دانکن درسطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different at the 5% level

ادامه جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه (آبیاری×تاریخ کاشت×کودهای زیستی) بر صفات مورد ارزیابی کینوا
Table 4- Mean comparisons of the studied traits of quinoa as affected by irrigation, planting date, biofertilizers

			غلظت کربن برگ **Leaf C%**	غلظت نیتروژن برگ **Leaf N%**	نسبت کربن به نیتروژن **C:N Ratio**	عملکرد دانه **(gr,m^{-2}) SY**
آبیاری معمولی Conventional irrigation	کاشت ۵ مرداد (27 July)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	39.3 c-i	1.69 p	23.33 a	232.8 c-l
		ازتوباکتر (Azotobacter)	42.1 a-e	2.08 g-l	20.35 c-i	264.2 a-g
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	42.7 a-c	2.21 e-i	19.36 e-l	280.7 a-d
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	44.3 a	2.23 e-h	19.64 e-l	289.7 a-c
	کاشت ۲۰ مرداد (11 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	39.0 d-i	1.78 op	21.81 a-d	239.8 c-k
		ازتوباکتر (Azotobacter)	40.5 b-i	2.04 i-m	19.90 d-j	252.1 b-j
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	42.7 a-c	1.92 l-o	20.22 c-h	266.3 a-e
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	43.0 ab	2.07 h-l	19.18 e-l	304.9 a
	کاشت ۵ شهریور (27 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	37.4 h-j	1.67 p	20.59 b-i	214.0 f-n
		ازتوباکتر (Azotobacter)	39.8 b-i	1.88m-o	18.81g-m	245.9 b-j
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	38.2 f-j	1.95 k-o	18.10 j-n	278.1 a-e
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	40.3 b-i	2.09 f-k	17.74 k-n	286.9 a-d
قطع آبیاری در مرحله غنچه دهی Irrigation cut-off in budding stage	کاشت ۵ مرداد (27 July)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	39.4 c-i	2.15 f-j	21.11 b-e	182.4 k-p
		ازتوباکتر (Azotobacter)	42.4 a-d	2.49 cd	19.79 d-k	198.3 h-p
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	41.6 a-f	2.36 de	18.72h-m	192.3 j-p
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	42.1 a-e	2.60 a-c	18.93 f-l	193.7 h-p
	کاشت ۲۰ مرداد (11 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	39.0 d-i	2.13 f-j	22.18 a-c	134.2 qr
		ازتوباکتر (Azotobacter)	41.0 a-h	2.59 a-c	20.89 b-g	158.3 n-r
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	40.3 b-i	2.58 a-c	21.05 b-f	183.4 k-q
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	40.8 b-h	2.72 a	19.81 d-k	165.0 m-r
	کاشت ۵	عدم تلقیح (Non-)	37.6 g-j	2.12 f-k	22.67 ab	125.3 r

	شهریور (27 August)	(Inoculation				
		ازتوباکتر (Azotobacter)	39.4 c-i	2.54 bc	21.02 b-f	148.5 p-r
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	40.3 b-i	2.58 a-c	20.83 b-h	153.6 o-r
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	39.0 d-i	2.68 ab	18.68 i-m	176.5 l-r
قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه Irrigation cut-off in seed filling stage	کاشت ۵ مرداد (27 July)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	37.7 g-j	1.87m-o	17.57 l-n	211.2 g-o
		ازتوباکتر (Azotobacter)	38.7 e-i	2.15 f-j	15.57 op	256.1 a-h
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	39.7 b-i	2.23 e-h	16.85 op	239.7 c-k
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	39.9 b-i	2.26 e-g	15.3 m-o	273.0 a-f
	کاشت ۲۰ مرداد (11 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	37.7 g-j	1.79m-o	17.69 k-n	221.2 e-m
		ازتوباکتر (Azotobacter)	38.6 e-i	1.98 j-n	14.95 op	255.4 a-h
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	39.4 c-i	2.12 f-k	15.30 op	255.2 a-h
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	40.4 b-i	2.24 e-h	14.84 op	300.6 ab
	کاشت ۵ شهریور (27 August)	عدم تلقیح (Non-Inoculation)	34.8 j	1.83m-o	16.42 n-p	168.2 m-r
		ازتوباکتر (Azotobacter)	37.1 ij	2.12 f-k	14.64 op	196.6 i-p
		آزوسپیریلوم (Azospirillum)	39.1 d-i	2.11 f-k	15.10 op	231.5 d-l
		ازتوباکتر+آزوسپیریلوم (Azoto+Azos)	40.4 b-i	2.27 ef	15.10 p	229.6 c-l

در هرستون میانگین‌های با حروف مشابه، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different at the 5% level

طول پانیکول

سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر طول پانیکول کینوا تاثیر معنی‌دار داشت. همچنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۳). به طوری که بیش‌ترین طول پانیکول (۲۴/۶۸ سانتی‌متر) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌دست آمد که با تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه در یک گروه آماری قرار گرفت و کمترین طول پانیکول (۹/۷۸ سانتی‌متر) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۵ شهریور و عدم تلقیح بذر با کود زیستی به‌دست آمد، در هر سه تاریخ کاشت و هر سه سطح آبیاری کاربرد کودهای زیستی به‌خصوص کاربرد توام باعث افزایش طول پانیکول شده و با تاخیر در کاشت طول پانیکول کاهش یافت و از لحاظ آبیاری، تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی در هر سه تاریخ کاشت و سطوح کود زیستی تاثیر معنی‌داری بر کاهش طول پانیکول داشت (جدول ۴). نتایج یک تحقیق نشان داد که تنش آبی بر روی خواص رشدی گیاه کینوا نظیر طول سنبله اثر دارد (Jamali *et al.*, 2020). در پژوهش دیگری در هند شاخص‌های رشدی کینوا به‌طور قابل‌توجهی تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و این تفاوت‌ها به تغییر در میزان دما، نور و بارندگی در زمان‌های مختلف کاشت نسبت داده شد (Hirich *et al.*, 2014). کاهش طول

سنبله با تاخیر در کاشت، می‌تواند به دلیل برخورد بـا دمـای پـایین و شرایط نامساعد رشدی در تاریخ کاشت‌های دیر باشد (Jamali *et al*., 2020). طول پانیکول با ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح بـرگ، غلظـت کربن برگ و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌دار و با نسبت کربن بـه نیتروژن برگ همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵).

غلظت کربن برگ

غلظت کربن برگ در کینوا تحت تاثیر تیمارهـای آزمایشـی قـرار گرفت و تاثیر هریک از اثرات ساده آبیاری، تـاریخ کاشـت و کودهـای زیستی در سطح احتمال یک درصد معنـی‌دار شـد، همچنـین مقایسـه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری، تاریخ کاشت و کودهـای زیستی در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۳). به طوری‌که بیش‌ترین غلظت کربن برگ (۴۴/۲۵ درصد) از تیمار آبیـاری معمـولی با تاریخ کاشت ۵ مرداد و تلقیح توام ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کمترین غلظت کربن برگ (۳۴/۷۸ درصـد) از تیمـار قطـع آبیـاری در مرحلـه پرشدن دانه با تاریخ کاشـت ۵ شـهریور و عـدم تلقـیح کـود زیسـتی به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین به نظر مـی‌رسـد در شـرایط رطـوبتی مناسب و تاریخ کاشت ۵ مرداد به سبب ایده‌آل بودن شرایط دمـایی و کاربرد کودهای زیستی فتوسنتز بهتر انجام گردیـده و باعـث افـزایش غلظت کربن برگ گردیده و با تاخیر در کاشت به دلیل کاهش دمـا و کاهش فتوسنتز در هر سـه سـطح تیمـار آبیـاری و سـطوح کودهـای زیستی غلظت کربن بـرگ کـاهش یافتـه اسـت (جـدول ۴). در یـک مطالعـه حـداکثر غلظـت کـربن بـرگ (۲۷/۸۲ درصـد) و حـداقل آن (۲۶/۴۵ درصـد) بـه‌دسـت آمـد (Iftikhar Hussain *et al*., 2020). کربن یکی از عناصر مهم در ساختار گیاهان بوده و عنصر سازنده تمام ترکیبات آلی همچون قندها، پروتئین‌ها و اسـیدهای آلـی اسـت ایـن ترکیبات در عناصر بنیادی، واکنش‌های آنزیمی و ماده ژنتیکـی مـورد استفاده قرار می‌گیرد (Deming, 2010). غلظت کربن برگ با ارتفـاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، طول پانیکول و عملکرد دانه همبسـتگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵). بنابراین می‌توان بیان داشت که افزایش غلظت کربن در گیاه تـاثیر مثبـت بـر افـزایش صـفات مـورد مطالعه داشت که در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه در کینـوا شـده است. در مطالعه (Iftikhar Hussain *et al*., 2020) نیز غلظت کربن برگ با عملکرد دانه، ارتفاع بوته و نسبت کربن به نیتروژن همبستگی مثبت نشان داد.

غلظت نیتروژن برگ

بین اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهـای زیسـتی از لحاظ غلظت نیتروژن برگ در کینوا تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید، همچنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین آبیـاری، تـاریخ کاشت و کودهای زیسـتی در سـطح احتمـال پـنج درصـد نشـان داد (جدول ۳). به طوری‌که بیش ترین غلظت نیتروژن برگ (۲/۷۲ درصد) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۲۰ مـرداد و تلقیح توام ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کمتـرین میـزان نیتـروژن بـرگ (۱/۶۷ درصد) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت پـنج شـهریور و عدم تلقیح کود زیستی به‌دست آمـد (جـدول ۴). هرچنـد کـه کـاربرد کودهای زیستی به‌خصوص کاربرد توام ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نسبت به عدم تلقیح بذر با کود زیستی باعث افزایش میـزان نیتـروژن بـرگ گردیده است ولی با کاهش سطوح آبیاری (افزایش تنش خشـکی) در تمام تاریخ‌های کاشت و سطوح کود زیستی افزایش غلظـت نیتـروژن برگ مشهود بود (جدول ۴). در یک مطالعه حـداکثر غلظـت نیتـروژن برگ (۲/۲۳ درصد) و حداقل آن (۱/۴ درصد) گزارش شـد (Iftikhar Hussain *et al*., 2020). در مطالعه دیگری با کاهش رطوبت خـاک، شاخص کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن بخش هوایی یونجه بـه‌طـور معنی‌داری افزایش نشان داد (Zhang *et al*., 2014). همچنین تلقیح باکتری غلظـت نیتـروژن بخـش هـوایی و ریشـه یونجـه را بـه‌طـور معنی‌داری افزایش داد (Markarian *et al*., 2015). افزایش غلظـت نیتروژن بخش هوایی با کاهش رطوبت خاک را می‌توان به اثر تغلـیظ نسبت داد، یعنی سرعت رشد بخش هوایی گیـاه بـا کـاهش رطوبـت خاک بیشتر از سرعت جذب نیتروژن کاهش می‌یابـد (Marschner, 1995). افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی در تیمار تلقیح بـاکتری نشان‌دهنده اثر بخشی تلقیح باکتری در تثبیت بیولوژیک نیتروژن هـوا و انتقال آن به بخش‌هـای هـوایی گیـاه اسـت (Markarian *et al*., 2015). در آزمایشـی بـا تلقـیح گیـاه ذرت (Zea mays) بـا بـاکتری آزوسپیریلوم جذب نیتروژن ۱۷ درصد افزایش یافت که باعـث توسـعه سیستم ریشه‌ای شده و به‌طور طبیعی امکان دسترسـی و جـذب بهتـر عناصر غذایی را برای گیاه فراهم می‌سازد (Sepehri & Shahbazi, 2020). غلظت نیتروژن برگ با قطر ساقه و سـطح بـرگ همبسـتگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵).

نسبت کربن به نیتروژن برگ

نسبت کربن به نیتروژن برگ در کینوا از نظر اثـرات سـاده سـال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی تفـاوت معنـی‌داری نشـان داد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها اثـر متقابـل معنـی‌داری بـین اثرات سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۳). به طوری‌که بیش ترین نسبت کربن بـه نیتروژن برگ (۲۳/۳۳) از تیمار آبیاری معمولی با تـاریخ کاشـت پـنج مرداد و عدم تلقیح بذر با کود زیستی و کمترین میزان نسبت کربن به نیتروژن (۱۴/۶۴) از تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه با تـاریخ کاشت پنج شهریور و تلقیح با ازتوباکتر به‌دست آمد، بنابراین در شرایط

عدم تلقیح بذر با کودهای زیستی و اعمال آبیاری چون غلظت نیتروژن کاهش می‌یابد بنابراین نسبت کربن به نیتروژن افزایش یافت (جدول ۴). نسبت کربن به نیتروژن برگ با ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، طول پانیکول و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی از نظر عملکرد دانه کینوا نشان داد، همچنین مقایسه میانگین‌ها اثرات متقابل معنی‌دار سه‌جانبه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی با احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۳) به طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۰۴/۹۷ گرم برمترمربع) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کمترین عملکرد دانه (۱۲۵/۳۳ گرم برمتر مربع) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت پنج شهریور و عدم تلقیح بذر با کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۴). گزارشات زیادی مبنی بر کاهش عملکرد در شرایط تنش رطوبتی و تاثیر تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر عملکرد دانه وجود دارد (Anjum *et al*., 2011; Farooq *et al*., 2009; Chen *et al*., 2005; Dawood, 2018). کمبود آب با کاهش تبادلات گازی برگ سبب کاهش اندازه منبع و مخزن کینوا می‌شود در نتیجه بارگیری، تخلیه و تسهیم مواد فتوسنتزی در گیاه به هم می‌ریزد. تاخیر در کاشت تأثیر زیادی بر تقسیم ماده خشک گیاهی به دانه دارد و باعث کاهش کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Samadzadeh *et al*., 2020). در همین ارتباط یافته‌های پژوهش مشابهی روی کینوا در بیرجند نشان می‌دهد که تاریخ کاشت اواسط مرداد که گرده‌افشانی آن با دماهای نسبتا مناسب در اواخر شهریور مواجه می‌شود، می‌تواند رشد زایشی کینوا را به‌طور مطلوبی بهبود بخشد (Mostafaei *et al*., 2017). تلقیح همزمان دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش عملکرد ۲۰ درصدی نسبت به شاهد (عدم تلقیح) در ذرت گردید (Soleimani Fard *et al*., 2013)، می‌توان گفت دو نوع کود زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) بهترین اثرات متقابل را داشته و دارای اثرات هم‌افزایی با یکدیگر می‌باشند (Moradi *et al*., 2011). بنابراین کودهای زیستی از یک طرف با تثبیت نیتروژن، آزاد کردن پتاسیم، انحلال فسفر و تولید مواد محرک رشد سبب بهبود رشد ریشه و در نهایت افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی می‌شوند و از طرف دیگر با تحت تأثیر قراردادن اجزای عملکرد موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردند. عملکرد دانه کینوا با ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، طول پانیکول، غلظت کربن برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با نسبت کربن به نیتروژن برگ همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۵).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه کینوا تحت تأثیر آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی

Table 5- Correlation coefficients between studied quinoa traits as affected by irrigation, planting date and biofertilizers

صفات traits	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Plant height ارتفاع بوته	1							
2 Stem diameter قطر ساقه	0.54**	1						
3 Leaf area سطح برگ	0.82**	0.76**	1					
4 Panicle length طول پانیکول	0.97**	0.61**	0.86**	1				
5 Leaf C% غلظت کربن برگ	0.32**	0.37**	0.45**	0.34**	1			
6 Leaf N% غلظت نیتروژن برگ	0.02ns	-0.41**	-0.08ns	-0.05ns	0.07ns	1		
7 C:N Ratio نسبت کربن به نیتروژن	-0.38**	-0.33**	-0.41**	-0.39**	0.18ns	-0.06ns	1	
8 Seed yield عملکرد دانه	0.85**	0.64**	0.86**	0.86**	0.38**	0.14ns	-0.42**	1

ns، * و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** respectively non-significant and significant at 5% and 1%

پس به نظر می‌رسد که افزایش صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و سطح برگ در شرایط آبیاری معمولی با کاربرد توام کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در تاریخ کاشت ۲۰ مرداد باعث رشد بهتر و انجام فتوسنتز بیشتر شده که خود باعث افزایش غلظت کربن و ایجاد پانیکول طویل گردیده که این عوامل تاثیر مثبت در افزایش عملکرد دانه داشته است.

نتیجه‌گیری

بروز تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه کینوا باعث کاهش صفات مورفولوژیکی و عملکرد آن می‌گردد. بنابراین بررسی میزان آب آبیاری با توجه به کمبود محدودیت منابع آبی، تعیین تاریخ کاشت مناسب و یافتن ترکیبات کودی مناسب مانند کودهای زیستی که جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه تسهیل می‌کنند از ضروریات است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هرچند که آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بیشترین میزان صفات مورد مطالعه به‌خصوص عملکرد دانه (۳۰۴/۹۷ گرم بر مترمربع) را داشت ولی با تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه با تاریخ کاشت ۲۰ مرداد و تلقیح توام کودهای زیستی در یک گروه آماری قرار گرفت. بنابراین به لحاظ اهمیت مصرف آب می‌توان گفت که در شرایط محدودیت منابع آبی تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه مطلوب‌ترین نتیجه را دارد. بررسی صفات مورد مطالعه نمایانگر تاثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه کاربرد توام ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در صفات مورد مطالعه بود. بنابراین استفاده توام از کودهای زیستی به دلیل توانایی بالا در تثبیت نیتروژن و فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه همچون فسفر، پتاسیم، تولید سیدروفور و محلول‌سازی آهن، سنتز فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین، سیتوکنین، جیبرلین و سنتز آنزیم‌هایی که رشد و نمو گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، اثرات مثبتی بر صفات مورد بررسی به‌خصوص عملکرد دانه نشان داد.

References

1. Abolhassani-Zeraatkar, M., Lakzian, A., Haghnia, G., Astarayi, A., & Sarcheshmepour, M. (2008). The study of salt and drought tolerance of *Sinorhizobium meliloti* isolated from Kerman province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *6*(1), 1-10. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v6i1.1170
2. Amiryousefi, M. R., Tadayon, M. R., & Ebrahimi, R. (2020). Effect of chemical and biological fertilizers on some physiological traits, yield components and yield of quinoa plant. *Journal of Crop Production and Processing*, *10*(2), 1-17. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.47176/jcpp.10.2.209112
3. Anjum, S. A., Xie, X., Farooq, M., Wang, L., Xue, L., Shahbaz, M., & Salhab, J. (2011). Effect of exogenous methyl jasmonate on growth, gas exchange and chlorophyll contents of soybean subjected to drought. *African Journal of Biotechnology*, *10*(47), 9640-9646. https://doi.org/10.5897/AJB10.2641
4. Boem, F. A., & Thomas, G. W. (1998). Phosphorus nutrition affects wheat response to water deficit. *Agronomy Journal*, *90*, 166-171. https://doi.org/10.2134/agronj1998.00021962009000020008x
5. Chen, H. H., Shenand, Z. Y., & Li, P. H. (2005). Adaptability of crop plant to high temperature strees. *Crop Science*, *22*, 719-725. https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200040006x
6. Dawood, M. G. (2018). Improving drought tolerance of quinoa plant by foliar treatment of trehalose. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, *19*(5), 245-254. https://cigrjournal.org/index.php/Ejounral/article/view/4539
7. Deming, A. (2010). "King of the elements?". *Nanotechnology*, *21*(30), 201-300.
8. Emam, Y., & Pirasteh Anousheh, E. (2014). *Farm and laboratory methods in agricultural sciences*. Mashhad University Jihad Publications.
9. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, *29*, 185-196. https://doi.org/10.1051/agro:2008021
10. Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A., Andarzian, B., & Shirali, M. (2019). Effects of sowing dates and irrigation levels on morphological traits and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Khuzestan. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *50*(3), 149-156. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.209566.654135
11. Gholami, A., & Nezarat, S. (2009). *Evaluation of the effect of plant growth stimulating bacteria on maize agronomic characteristics in Shahroud region*. 11th Iranian Soil Science Congress. Shahid Beheshti University of Tehran, Iran. (in Persian).
12. Hamzei, J., & Salimi, F. (2015). Root colonization, yield and yield components of milk thistle (*Silybum marianum*) affected by mycorhizal fungi and phosphorus fertilizer. *Jouranl of Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(4), 161-171. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_3290.html
13. Hillocks, R. J. (2012). Farming with fewer bio fertilizers in barley with water deficit stress. *Crop Protection*, *31*,

85-93. (in Persian with English abstract).

14. Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa in Morocco- effect of sowing dates on development and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *14*, 1-7. https://doi.org/10.1111/jac.12071
15. Iftikhar Hussain, M., Muscolo, A., Ahmed, M., Asgar, M. A., & Al-Dakheel, A. (2020). Agro- Morphological, yield and quality traits and interrelationship with yield stability in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes under Saline mariginal environment. https://doi.org/10.3390/plants9121763
16. Intergovermental Panl on climate change (IPCC). (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories, volume1; Genera guidance and reporting, Institute for Global Environmental strategies (IGES)*, Hayama, Japan, 309pp.
17. Itelima, J. U., Bang, W. J., Onyimba, I. A., Sila, M. D., & Egbere, O. J. (2018). Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: (A Review). *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, *6*(3), 73-83.
18. Jamali, S., & Ansari, H. (2020). Investigation the effect of unconventional water on yield and yield components of quinoa. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *14*(1), 331-343. (in Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087942.1399.14.1.29.2
19. Jamali, S., Goldani, M., & Zeynodin, S. M. (2020). Evaluation the effects of periodic water stress on yield and water productivity on Quinoa. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *13*(6), 1687-1697. (in Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087942.1398.13.6.13.9
20. Malakoti, M. J., Moshiri, F., Ghaibi, M. N., & Molavi. S. (2005). Optimum levels of some nutrients in soils and some agronomic and Horticultural. *Agricultural Research.* Education Extension Organization soil and Water Research Institute. Sana Publication. No. 406.
21. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, USA.
22. Markarian, S., Najafi, N., Aliasgharzad, N., & Oustan, S. (2015). Effects of sinorhizobium meliloti bacterium and phosphorus on leaf chlorophyll index, nitrogen and phosphorus concentrations in alfalfa shoot and root under drought stress conditions. *Water and Soil Science*, *25*, 27-45. (in Persian with English abstract).
23. Modarres Sanavi, S. A., & Sorushzadeh, A. (2003). Effect of row spacing and seeding rate on yield and yield components of promising wheat line M-75-10. *Journal of Agricultural Science*, *10*(1), 83-97. (in Persian with English abstract).
24. Mohammadvarzi, R., Habibi, D., Wazan, S., Jazaki, A., & Noorlundi, T. (2011). The effect of growth promoting bacteria and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative traits of Azargol cultivar. *New Agricultural Findings*, *5*(3), 301-313. (in Persian with English abstract).
25. Moradi, M., Siadat, S. A., Khavazi, K., Naseri, R., Maleki. A., & Mirzae, A. (2011). Effect of application of biofertilizers and phosphorus fertilizers on qualitative and quantitative traits of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(60), 467-492. (in Persian with English abstract). https://jcep.tabriz.iau.ir/article_518203.html
26. Mostafaei, M., Jami Al-Ahmadi, M., Salehi, M., & Shahidi, A. (2017). *Effect of different levels of irrigation and density on the functional characteristics of quinoa*. The first national conference on new opportunities for production and employment in the agricultural sector in the east of the country. (in Persian).
27. Omidi, A. H., Jabbari, H., & Ramezani, Z. (2021). Effects of row-spacing and plant density on seed yield and yield components of safflower cultivars under irrigated conditions. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, *10*(1), 23-32. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/rafhc.2021.126516.1200
28. Rawson, H. M., & Turner, N. C. (1982). Recovery from water stress in five sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.). *Australian Journal of Plant Physiology*, *9*(4), 449-460. https://doi.org/10.1071/PP9820449
29. Samadzadeh, A., Zamani, G., & Fallahi, H. R. (2020). Possibility of quinoa production under South-Khorasan climatic condition as affected by planting densities and sowing dates. *Applied Field Crop Research*, *33*(1), 82-104. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/aj.2020.125793.1392
30. Sepehri, A., & Shahbazi, H. (2019). Effect of planting date and chemical and biological fertilizers application on quantitative and qualitative characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Ecophysiology*, *11*(37), 258-280. (in Persian with English abstract).
31. Sharpe, R. R., Harper, L. A., Giddens, J. E., & Langdale, G. W. (2001). Nitrogen use efficiency and nitrogen budget for conservation tilled wheat. *Soil Science*, *52*, 1349-1398. https://doi.org/10.2136/sssaj1988.03615995005200050035x
32. Sivaramaiah, N., Malik, D. K., & Sindhu, S. S. (2007). Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of Bacillus strains with Mesorhizobium sp. Cicer. *Indian Journal of Microbiology*, *47*, 51-56. https://doi.org/10.1007/s12088-007-0010-1
33. Soleimani Fard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., & Piri, E. (2013). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenological traits, grain yield and yield components of three maizes (*Zea mays* L.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology*, *7*(25), 71-90. (in Persian with English abstract). https://jcep.tabriz.iau.ir/article_516836.html

34. Temel, S., & Yolcu, S. (2020). The effect of different sowing time and harvesting stages on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turkish Journal of Field Crops, 25*(1): 41-49. https://doi.org/10.17557/tjfc.737503
35. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*, 2541-2547. https://doi.org/10.1002/jsfa.4158
36. Venkatashwarlu, B. (2008). Role of bio-fertilizers in organic farming: Organic farming in rain fed agriculture: Central institute for dry land agriculture, Hyderabad 85-95.
37. Zhang, J., Wang, X., Wang, J., & wang, W. (2014). Carbon and nitrogen content in typical plants and soil profils in Yanqi Basin of Northwest China. *Journal of Integrative Agriculture, 13*(3), 648-656. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60723-6